



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 558 870 A1**

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 92810156.7

51 Int. Cl.⁵ **B23K 26/00**

22 Anmeldetag: 02.03.92

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
08.09.93 Patentblatt 93/36

64 Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH DE DK ES FR GB GR IT LI LU MC
NL PT SE**

71 Anmelder: **GEBRÜDER SULZER
AKTIENGESELLSCHAFT
Zürcherstrasse 12
CH-8401 Winterthur(CH)**

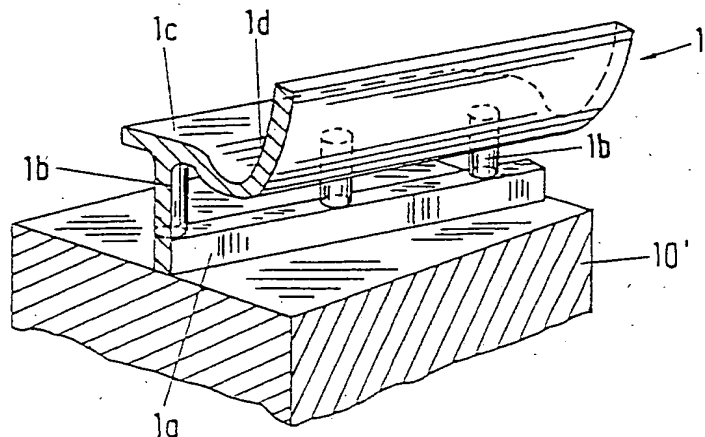
72 Erfinder: **Dekumbis, Roger, Dr.
Immenweg 29
CH-8050 Zürich(CH)
Erfinder: Kahrman, Wilfred, Dr.
Blumenastrasse 14
CH-8400 Winterthur(CH)**

54 **Freiformschweissen von Metallstrukturen mit Laser.**

57 Mit dem Verfahren zum Herstellen von Metallstrukturen (1') können dünne Strukturelemente, insbesondere wand- oder säulenförmige Elemente (1a, 1b), erzeugt werden. Es handelt sich dabei um eine Art Freiformschweissen mit Laser. Mittels eines Lasers und mittels pulsartiger Energieeinstrahlung wird Metallpulver oder Metalldraht durch wiederholten und gesteuerten Auftrag auf ein Substrat aufgeschmolzen; wobei der bereits hergestellte Teil der

Metallstruktur selbst als Substrat dient. Dank der pulsartigen Energieeinstrahlung erstarrt während den Pausen zwischen aufeinanderfolgenden Energiepulsen die jeweils aufgetragene Materialmenge im wesentlichen aufgrund von Wärmeableitung in das Substrat. Das erfindungsgemässe Verfahren ermöglicht beispielsweise ein sogenanntes "Fastprototyping"; es lassen sich auch Reparaturarbeiten ausführen.

Fig.6



EP 0 558 870 A1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von Metallstrukturen gemäss Oberbegriff von Anspruch 1. Es handelt sich dabei um eine Art Freiformschweissen mit Laser. Die Erfindung bezieht sich auch auf eine Anordnung zum Durchführen des Verfahrens sowie auf Erzeugnisse die mit dem Verfahren gefertigt worden sind.

Aus der US-PS 4 323 756 ist ein Verfahren bekannt, bei dem metallische Körper, beispielsweise Rippen längs des Umfangs eines walzenförmigen Substrats, mittels kontinuierlich betriebenen Laser hergestellt werden. Dabei wird mit dem Laserstrahl auf dem Substrat eine Wechselwirkungszone in Form eines Schmelzbads erzeugt, in welche das pulver- oder drahtförmige Auftragsmaterial gebracht und ebenfalls aufgeschmolzen wird. Nach einer kurzen Wechselwirkungszeit erstarrt das geschmolzene Material. Durch gesteuerte Lenkung des Laserstrahls und/oder Bewegung des Substrats kann der metallische Körper gefertigt werden, wobei dieser Körper durch schichtweises Aufbringen des Auftragsmaterials erzeugt wird. Dieses bekannte Verfahren kann analog zur "Stereolithographie" zu einer Freiformfertigung (Freiformschweissen) weitergebildet werden. Bei der "Stereolithographie" wird schichtweise ein Polymerkörper aus einem flüssigen Harz erzeugt, wobei das Harz unter Einwirkung eines gesteuert bewegten Laserstrahls verfestigt wird.

Nachteil des bekannten Freiformschweissens ist, dass keine feinen Strukturelemente hergestellt werden können. Beispielsweise bei einem wandförmigen Element, dessen Wandstärke 0,5 mm beträgt, ist die Wärmeableitung aus der Wechselwirkungszone unzureichend, um das aufgeschmolzene Material schnell genug erstarren zu lassen. An Eckpunkten von Wandelementen oder bei säulenförmigen Elementen tritt dieses Problem verstärkt in Erscheinung. Es ist Aufgabe der Erfindung, das Freiformschweissen von Metallstrukturen solcherart weiterzubilden, dass auch dünne Strukturelemente, insbesondere wand- oder säulenförmige Elemente, deren kleinsten linearen Abmessungen kleiner als ungefähr 0,5 mm sind, erzeugt werden können. Diese Aufgabe wird durch die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 genannten Massnahmen gelöst.

Erfindungsgemäss wird das Auftragsmaterial nicht mehr kontinuierlich sondern portionenweise aufgebracht. Dabei ist es wichtig, dass der Energieeintrag solcherart pulsweise erfolgt, dass während den Pausen zwischen aufeinanderfolgenden Energiepulsen die jeweils aufgetragene Materialmenge genügend Zeit zu erstarren hat, ohne dass dabei Mittel zum zusätzlichen Kühlen eingesetzt werden müssen. Am einfachsten wird die pulsartige Energieeinstrahlung mittels eines gepulst betriebenen Lasers erzeugt. Es ist aber auch gemäss Anspruch

3 möglich, einen kontinuierlich arbeitenden Laser zu verwenden. Dabei wird beispielsweise der Laserstrahl zwischen zwei oder mehr Punkten hingelenkt, wobei an diesen Punkten Wechselwirkungszone erzeugt werden, die sich gegenseitig nicht berühren oder gar überlappen.

Als Laser kommen CO₂-Gaslaser (Wellenlänge: 10,6 μ m) oder Neodym-YAG-Laser (Wellenlänge: 1,06 μ m) in Frage. Da wegen Reflexion und Plasma-bildung (abhängig von Wellenlänge und Schutzgas) ein grosser Teil der auf das Substrat eingestrahlt Energie verloren geht, muss die Energiedichte des Laserstrahls wesentlich grösser (zehn- bis hundertmal grösser) sein, als die pro Flächeneinheit zum Aufheizen und Schmelzen benötigte Wärmemenge ist. Beim CO₂-Laser und bei Verwendung von Argon als Schutzgas muss die Energiedichte in der Wechselwirkungszone (ohne Absorption durch das Plasma) mindestens rund 10 kW/cm² betragen.

Die Energie des Energiepulses kann im Bereich zwischen 0,01 und 500 J liegen. Die pro Puls aufgetragene Materialmenge kann eine Masse im Bereich zwischen 0,001 und 10 mg haben. Abhängig von der herzustellenden Metallstruktur wird das Verhältnis von Pulsdauer zu Dauer zwischen aufeinander folgenden Pulsen im Bereich zwischen 1:2 und 1:100 gewählt; diese Angabe bezieht sich - falls mehrere Wechselwirkungszone existieren - auf eine dieser Zonen (wobei die von Puls zu Puls sich verschiebende Wechselwirkungszone als jeweils die gleiche angesehen wird). Ist das erwähnte Verhältnis gross (also bei relativ grosser Pulsdauer), so muss die Energie pro Puls klein gewählt werden; oder es muss für eine Zusatzkühlung, beispielsweise mit Wasser, gesorgt werden.

Vorzugsweise liegen die Energie des Pulses zwischen 1 und 2 J, die Pulsdauer zwischen 0,7 und 2 ms und das Verhältnis von Pulsdauer zu Dauer zwischen aufeinander folgenden Pulsen zwischen 1:40 und 1:20.

Wird - wie üblich - das Auftragsmaterial kontinuierlich in Pulverform und mit Schutzgas als Transportmittel der Wechselwirkungszone zugeführt, so geht ein beträchtlicher Teil des Materials verloren. Diesen Verlust kann man reduzieren, indem man mit einer Vorrichtung, die eine zeitabhängige Materialzufuhr ermöglicht, entsprechend der gepulsten Energieeinstrahlung auch für eine portionenweisen Zufuhr des Auftragsmaterials sorgt.

Mit der gepulsten Vorgehensweise können selbstverständlich auch massive Strukturelemente hergestellt werden, die mit dem kontinuierlichen Verfahren erzeugbar wären. Es kann aber vorteilhafter sein, ein Mischverfahren anzuwenden, bei dem nur die feinen Strukturelemente gemäss der Erfindung erzeugt werden, während die Herstellung der übrigen Strukturelemente mit nichtgepulster Energieeinstrahlung durchgeführt wird.

Nachfolgend wird die Erfindung im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 ein Beispiel, in Schnittdarstellung, zur Herstellung einer dünnen Wand mit einem alten Verfahren (Zusatzkühlung),
 Fig. 2 die Herstellung einer Wand mit einem alten oder - im Falle einer dünnen Wand - einem erfindungsgemässen Verfahren,
 Fig. 3 eine Schnittdarstellung zur Fig.2,
 Fig. 4 ein Leistung-Zeit-Diagramm für eine gepulste Energieeinstrahlung,
 Fig. 5 eine Schnittdarstellung wie in Fig.3, mit einem Metalldraht als Auftragsmaterial, anstelle von Metallpulver,
 Fig. 6 ein Beispiel zu einer erfindungsgemäss hergestellten Metallstruktur,
 Fig. 7 die Aussenkante einer dünnwandigen Turbinenschaufel, die eine erfindungsgemäss hergestellte Panzerung aufweist und
 Fig. 8 eine Anordnung zur Durchführung eines erfindungsgemässen Verfahrens.

Es ist auch mit den bekannten Verfahren möglich, dünne Wandelemente herzustellen, wenn Mittel zur Zusatzkühlung verwendet werden. In Fig.1 ist illustriert, wie auf den Rand eines plattenförmigen Substrats 10, dessen Wandstärke w beispielsweise nur 0,5 mm beträgt, in Fortsetzung der Plattebene sich ein Wandelement 1 aufbauen lässt. Ermöglicht wird dies durch zwei wärmeableitende Backen 50a und 50b aus Kupfer, zwischen die das Werkstück eingespannt wird. Beim erfindungsgemässen Verfahren kann auf Zusatzkühlung verzichtet werden.

Anhand des Schrägbilds der Fig.2 und des Schnittbilds der Fig.3 lässt sich das bekannte wie auch das erfindungsgemässe Verfahren erläutern. Es ist folgendes zu sehen: Ein wandförmiges Element 1 (Wandstärke w), das schichtweise (Schicht 11, Schichthöhe $\dot{S}h$) mittels des Laserstrahls 20 und des Pulverstrahls 30 aufgebaut wird; Pulverpartikel 31, deren Bewegung durch Pfeile angedeutet sind; die Relativgeschwindigkeit v (= "Raster-Geschwindigkeit"), mit der die beiden Strahlen 20 und 30 sich gegenüber dem Substrat 1 bewegen; die durch den Laserstrahl bestrahlte Fläche 21 ("Spot") und das die Wechselwirkungszone bilden- des Schmelzbads 12.

Ein Teil der Pulverpartikel 31 treffen im Schmelzbad 12 auf, wo sie aufschmelzen und das Material zu einer neuen Schicht 11a liefern. Aufgrund gleichzeitig stattfindendem Aufschmelzen und Erstarren bewegt sich das Schmelzbad 12 mit der Raster-Geschwindigkeit v ; das Erstarren erfolgt dank der Wärmeleitung, die durch die Pfeile q in

Fig.3 dargestellt ist. Da die Temperatur des Substrats auf der Rückseite des Schmelzbads 12 höher als auf der Vorderseite ist, ist die Wärmeableitung in Bewegungsrichtung grösser, was durch die unterschiedlich langen Pfeile q angedeutet ist. Wegen dieser Asymmetrie des Wärmefflusses verringert sich die abgeführte Wärmemenge an einem Eckpunkt 15 (siehe Fig.2) auf weniger als 30 % des Betrags, der für ein Wandelement ohne Eckpunkte gegeben ist. Daher stellt sich bei Eckpunkten ein Wärmestau ein und damit besteht dort in besonderem Mass die Gefahr, dass die Erstarrung nicht rasch genug erfolgt.

Wird nun die Laserenergie erfindungsgemäss pulsartig eingestrahlt, so ist der mittlere Energieeintrag wesentlich geringer und somit ist die mittlere Substrattemperatur ebenfalls geringer. Das hat zur Folge, dass das beim Energiepuls erzeugte Schmelzbad auf ein geringeres Volumen als beim kontinuierlichen Verfahren beschränkt bleibt; insbesondere weist das Schmelzbad eine geringere Tiefe auf. Dadurch kann der fortgesetzte Materialauftrag ohne Störung der Geometrie der bereits aufgebauten Metallstruktur erfolgen.

Im Diagramm der Fig.4 ist schematisch der erfindungsgemässe Intensitätsverlauf der Einstrahlung als Funktion von der Zeit t dargestellt. Die Strahlungsleistung P nimmt während dem Puls 200 bzw. 200' den Wert P_p an. Während der Pause zwischen aufeinanderfolgenden Pulsen 200 und 200' ist P gleich Null; man könnte aber auch eine nicht dargestellte Grundleistung ("Simmerleistung") zwecks Vorwärmung wirken lassen. Die weiteren Bezeichnungen in Fig.4 bedeuten folgendes: T ist die Zeitdauer zwischen aufeinander folgenden Pulsen; $\dot{S}t$ ist die Pulsdauer; P_m ist die mittlere eingestrahelte Leistung; und E_p (= Fläche des Pulses) ist die Energie des Pulses. Die Pulse sind rechteckig dargestellt. Sie könnten aber auch beispielsweise glocken- oder sägezahnförmig sein.

Das folgende Ausführungsbeispiel - die Herstellung eines Wandelements mit der Breite $w = 0,5$ mm - ist repräsentativ für durchgeführte Versuche:

$E_p = 2$ J, $\dot{S}t = 1$ ms, $T = 40$ ms,
 $v = 0,1$ m/min, $\dot{S}h = 0,1$ mm,
 Durchmesser des Spot 21 = $w = 0,5$ mm,
 Auftragsmaterial (Pulver): Inconel 625 (Dichte $\rho = 8,4$ g/cm³).

Die Energiedichte des Pulses (= $P_p/\text{Spotfläche}$, $P_p = E_p/\dot{S}t$) beträgt dabei rund 1000 kW/cm², die mittlere Leistung P_m (= E_p/T) ist 50 W und die pro Puls aufgetragene Materialmenge (= $\rho \cdot v \cdot w \cdot \dot{S}h \cdot T$) ist rund 0,03 mg. Die Überlappung der Wechselwirkungszone von Puls zu Puls beträgt rund 90 %.

Das Auftragsmaterial kann anstatt in Form von Metallpulver auch drahtförmig der Wechselwir-

kungszone zugeführt werden; dies ist in Fig.5 veranschaulicht: Der Draht 40 wird an der Spitze 42, die mit dem Schmelzbad 12 in Kontakt steht, aufgeschmolzen.

Das erfindungsgemässe Verfahren ermöglicht ein sogenanntes "Fastprototyping" oder "Rapidprototyping", bei dem metallische Körper mit feinen Strukturelementen herstellbar sind. Bei feinen Strukturelementen dominieren die Kapillarkräfte der Schmelzoberfläche gegenüber der Schwerkraft des aufgeschmolzenen Materials. Daher können solche Strukturelemente bei beliebiger Orientierung bezüglich dem Schwerfeld aufgebaut werden. Mit Fig.6 soll veranschaulicht werden, welche Möglichkeiten dabei gegeben sind: Auf einem Ausgangssubstrat 10' wird eine Metallstruktur 1' errichtet. Zunächst wird Schicht für Schicht eine Rippe 1a hergestellt, deren Breite kleiner als 0,5 mm ist. Auf die Rippe werden säulenförmige Teile 1b aufgebracht. Über diesen Säulen folgt ein horizontales Band 1c, an das schliesslich noch die rinnenförmige Schale 1d angefügt wird. Anders als bei der Stereolithographie, wo die Schichtung horizontal ist, stehen die Schichtebenen beim erfindungsgemässen Verfahren immer senkrecht zu den seitlichen Oberflächen der Metallstruktur 1'.

Fig.7 zeigt ein anderes Anwendungsbeispiel des erfindungsgemässen Verfahrens. Hier wird eine dünnwandige Turbinenschaufel, die das Ausgangssubstrat 10'' bildet, mit einer Rippe 1'' - unter Verwendung von Hartmetall oder Hartlegierung - gepanzert. (Die gestrichelt gezeichnete Linie 10k ist die hintere Kante der Turbinenschaufel.) Die Rippe ist beispielsweise 0,4 mm dick und 1,5 mm hoch.

Mit dem erfindungsgemässen Verfahren lassen sich auch Reparaturarbeiten beispielsweise an defekten Turbinenschaufeln ausführen.

Die Anordnung zur Durchführung eines erfindungsgemässen Verfahrens, die in Fig.8 dargestellt ist, besteht aus folgenden Komponenten: einem Hochleistungslaser 25, einer Vorrichtung 26 zur Lenkung des Laserstrahls 20', einer Vorrichtung 35 zum Zuführen von Auftragsmaterial und von Schutzgas sowie einer Platte 10, die als Ausgangssubstrat dient und in allen Raumrichtungen gesteuert bewegbar (durch Pfeile angedeutet) ist.

Anhand der Anordnung der Fig.8 soll näher erläutert werden, wie mit einem kontinuierlich betriebenen Laser das erfindungsgemässe Verfahren durchführbar ist: Die Vorrichtung 26 weist beispielsweise mindestens einen gesteuert formbaren Spiegel auf, der aus einer flexiblen, spiegelnden Folie mit einer Vielzahl von Stillelementen auf deren Rückseite besteht (sogenannte "intelligente Optik"). Mit einem derartigen Spiegel kann der aus der Vorrichtung 26 austretende Laserstrahl 20a, der in einem Punkt 21a auf der Platte 10 auftrifft, rasch

auf einen zweiten Punkt 21b (Strahl 20b) umgelenkt werden. Der Laserstrahl lässt sich auf diese Weise in schnellem Wechsel - beispielsweise alle 10 ms - zwischen zwei oder auch mehr Punkten hin- und herlenken. Dabei können diese Punkte so weit voneinander entfernt sein, dass die erzeugten Wechselwirkungszone sich nicht gegenseitig berühren oder überlappen. Die Pulverzufuhr über das Rohr 36 muss dabei mit einem genügend breiten Strahl erfolgen, damit alle Wechselwirkungszone Auftragsmaterial empfangen können.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von Metallstrukturen durch wiederholten und gesteuerten Auftrag von mittels eines Lasers aufgeschmolzenem Metallpulver oder Metaldraht auf ein Substrat, auf dem das auftragende Material in einer Wechselwirkungszone unter Bildung einer metallurgischen Bindung rasch erstarrt, wobei der bereits hergestellte Teil der Metallstruktur selbst als Substrat dient, dadurch gekennzeichnet, dass dünne Strukturelemente, insbesondere wand- oder säulenförmige Elemente, mittels pulsartiger Energieeinstrahlung erzeugt werden, wobei während den Pausen zwischen aufeinanderfolgenden Energiepulsen die jeweils aufgetragene Materialmenge im wesentlichen aufgrund von Wärmeableitung in das Substrat erstarrt.
2. Verfahren nach Anspruch 1 mit einem gepulst betriebenen Laser.
3. Verfahren nach Anspruch 1 mit einem kontinuierlich betriebenen Laser, wobei zum Zweck der Pulserzeugung mittels einer optischen Vorrichtung, die mindestens einen gesteuert beweglichen und/oder verformbaren Spiegel aufweist, der Laserstrahl während kurzen Zeitintervallen auf die Wechselwirkungszone, die eine unter mehreren sein kann, gelenkt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei ein CO₂-Gaslaser und ein Schutzgas verwendet werden.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Verfahrensparameter solcherart eingestellt werden; dass die Energie des Puls im Bereich zwischen 0,01 und 500 J liegt und die in die Wechselwirkungszone pro Flächeneinheit eingestrahlte Energie mindestens 10 kW/cm² beträgt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis

von Pulsdauer zu Dauer zwischen aufeinander folgenden Pulsen für die gleiche Wechselwirkungszone im Bereich zwischen 1:2 und 1:100 liegt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die pro Puls aufgetragene Materialmenge im Bereich zwischen 0.001 und 10 mg liegt.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die zugeführte Materialmenge entsprechend der Energieeinstrahlung zeitabhängig erfolgt.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Herstellung der Metallstrukturen teilweise mit nichtgepulster Energieeinstrahlung durchgeführt wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass vorzugsweise die Energie des Pulses zwischen 1 und 2 J, die Pulsdauer zwischen 0,7 und 2 ms und das Verhältnis von Pulsdauer zu Dauer zwischen aufeinander folgenden Pulsen zwischen 1:40 und 1:20 liegen.
11. Anlage zum Durchführen eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 10, mit Hochleistungslaser (25), Vorrichtung zur Lenkung des Laserstrahls (26), Haltevorrichtung für ein Substrat (1, 10) und Vorrichtung (35, 36) zum Zuführen von Auftragsmaterial (31) und von Schutzgas.
12. Erzeugnis mit mindestens einem Strukturelement (1), das mittels eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 10 hergestellt ist.
13. Erzeugnis (1') nach Anspruch 12, mit wand- und/oder säulenförmigen Elementen (1a, 1b), deren Wandstärken bzw. Durchmesser kleiner als 0.5 mm sind.
14. Erzeugnis (10'') nach Anspruch 12 oder 13, mit einem rippenförmigen Strukturelement (1'') aus Hartmetall oder Hartlegierung.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig.1

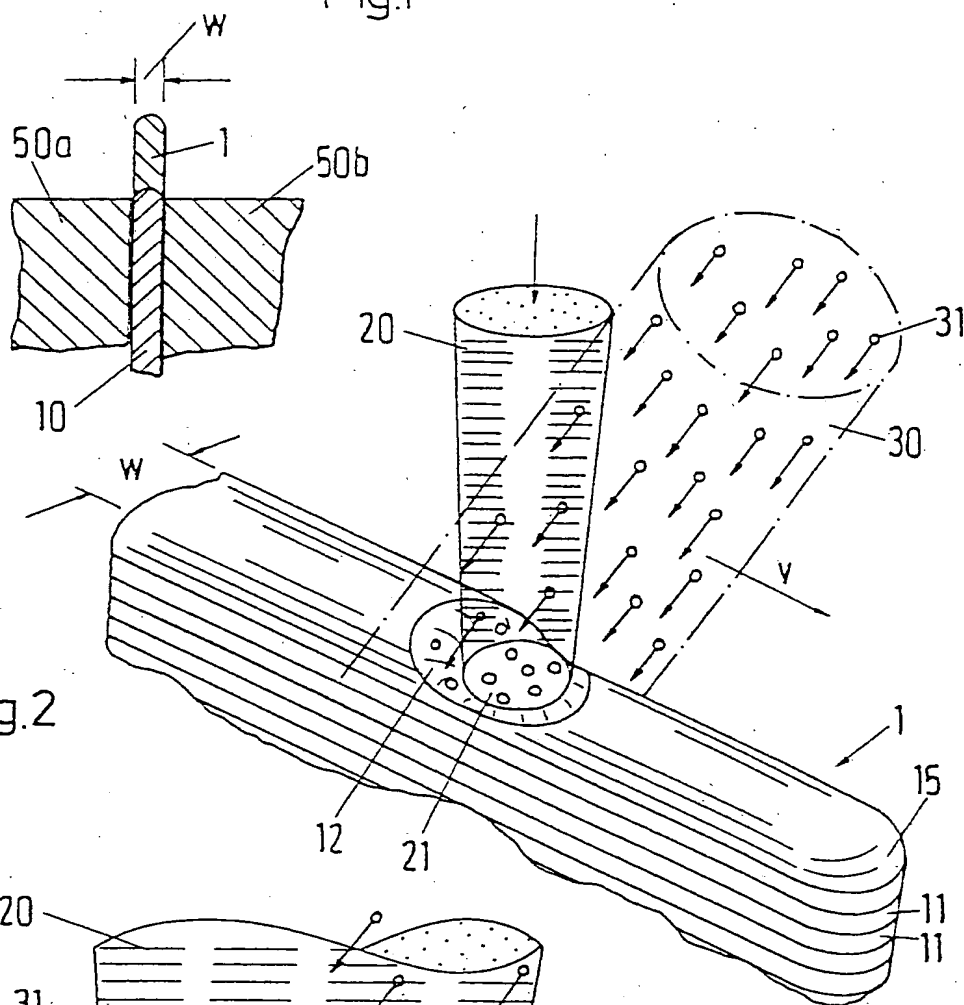


Fig.2

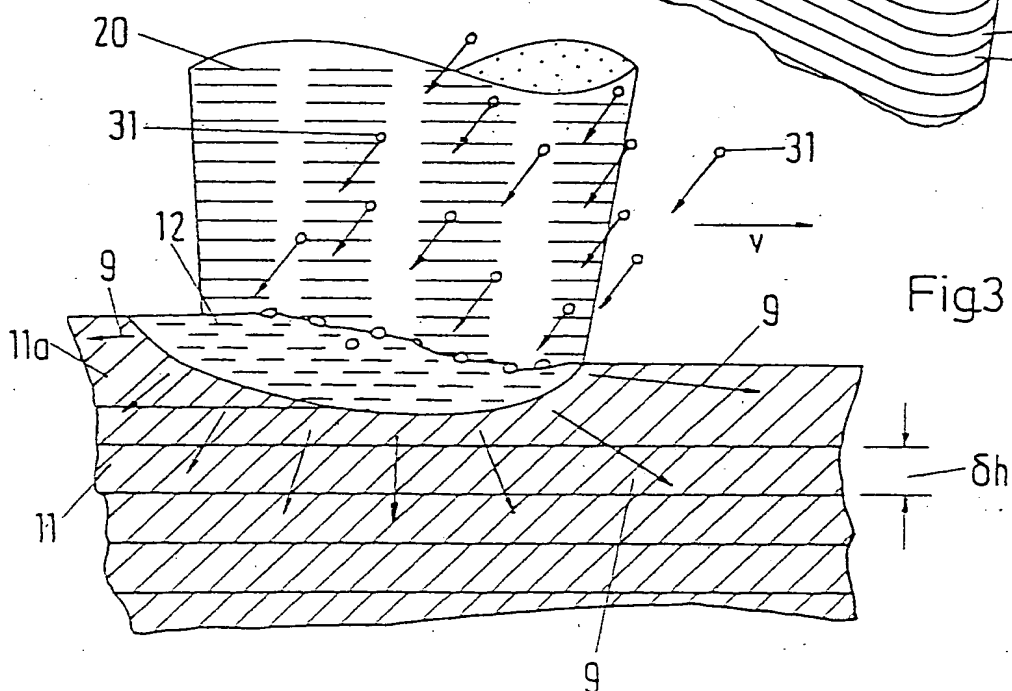


Fig.3

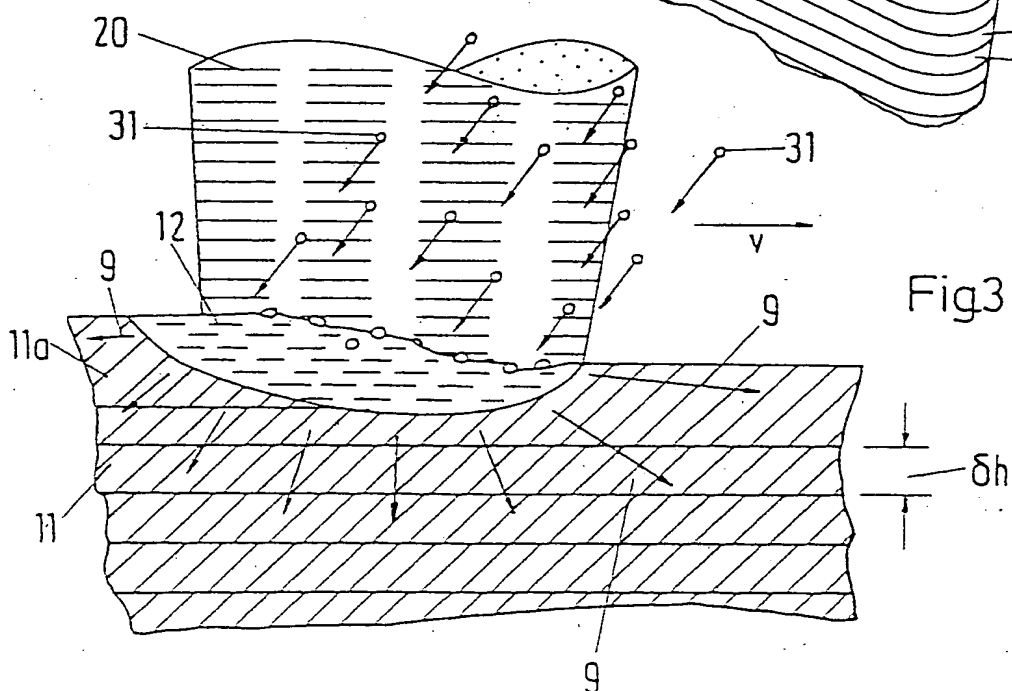


Fig.4

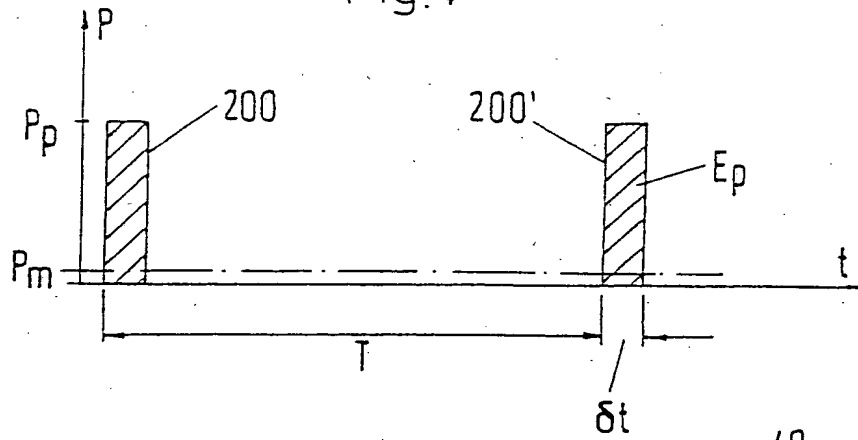


Fig.5

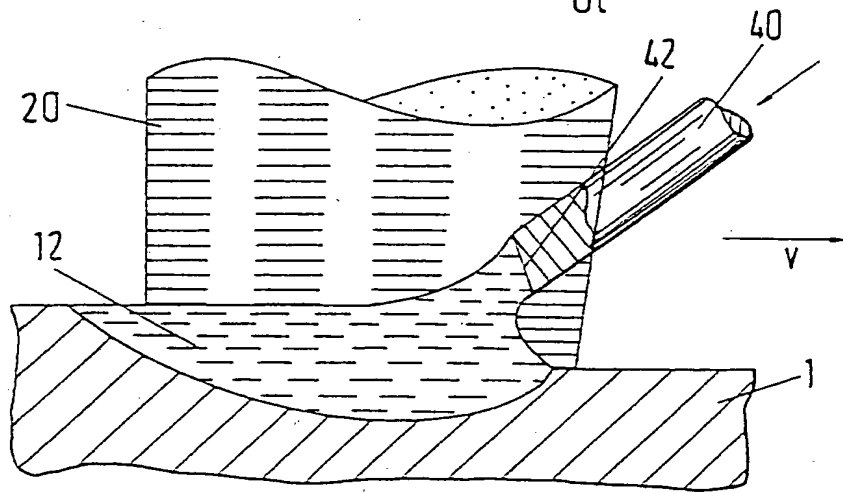


Fig.6

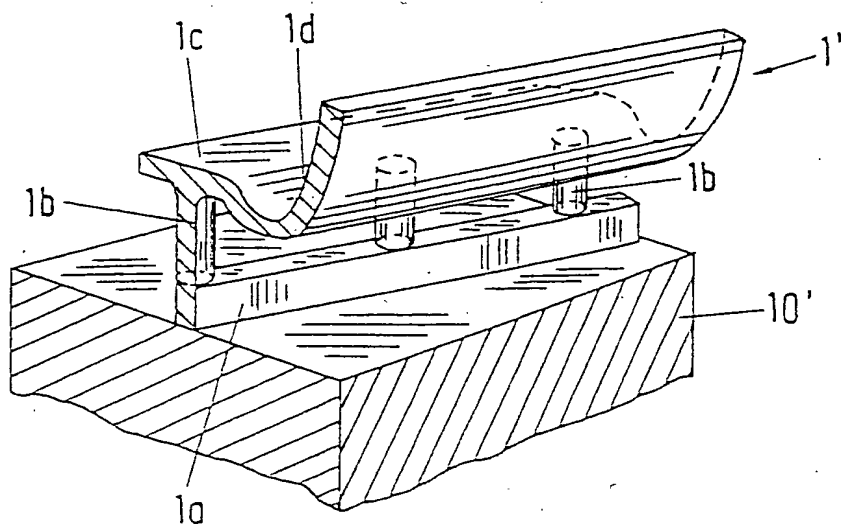


Fig.7

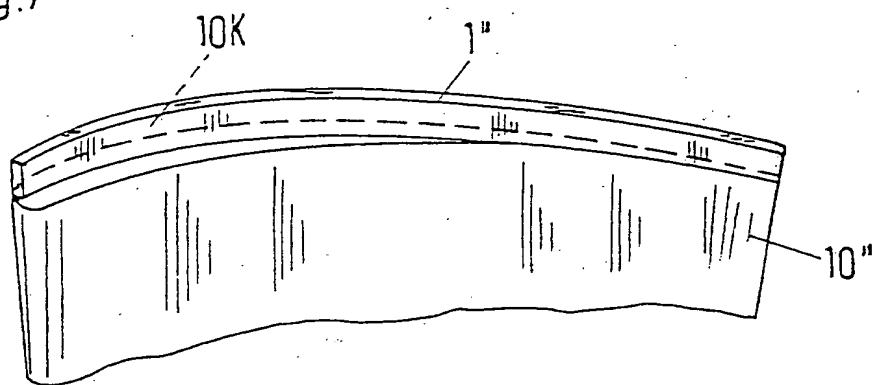
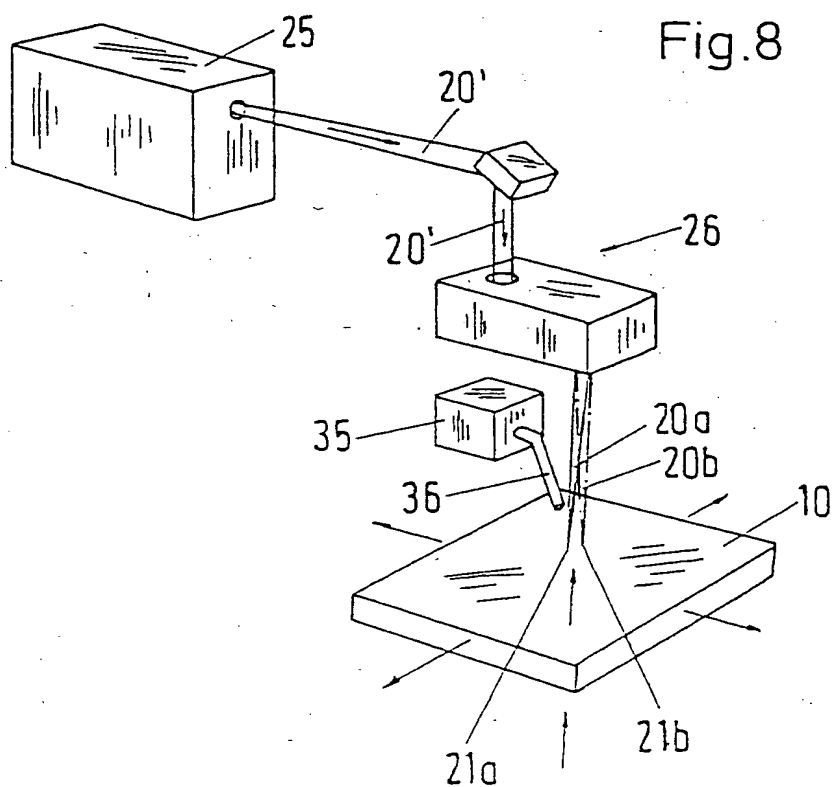


Fig.8





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 92 81 0156

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
X A	US-A-3 310 423 (METCO, INC.) * das ganze Dokument *	1,2 3	B23K26/00
A	US-A-4 684 781 (PHYSICAL SCIENCE, INC.) * das ganze Dokument *	1-5,11, 12,14	
A	EP-A-0 161 037 (AVCO CORPORATION) * Seite 5, Zeile 13 - Zeile 17 * * Seite 7, Zeile 14 - Zeile 17; Abbildung 1 *	1,4	
A	FR-A-2 642 690 (GENERAL ELECTRIC COMPANY) * das ganze Dokument *	1	
A,D	US-A-4 323 756 (UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION)	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
			B23K
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 15 FEBRUAR 1993	Prüfer ARAN D.D.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			



Europäisches
Patentamt

GEBÜHRENPFLICHTIGE PATENTANSPRÜCHE

Die vorliegende europäische Patentanmeldung enthielt bei ihrer Einreichung mehr als zehn Patentansprüche.

- ☐ Alle Anspruchsgebühren wurden innerhalb der vorgeschriebenen Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.
- ☐ Nur ein Teil der Anspruchsgebühren wurde innerhalb der vorgeschriebenen Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die ersten zehn sowie für jene Patentansprüche erstellt für die Anspruchsgebühren entrichtet wurden,

nämlich Patentansprüche:

- ☐ Keine der Anspruchsgebühren wurde innerhalb der vorgeschriebenen Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die ersten zehn Patentansprüche erstellt.

MANGELNDE EINHEITLICHKEIT DER ERFINDUNG

Nach Auffassung der Recherchenabteilung entspricht die vorliegende europäische Patentanmeldung nicht den Anforderungen an die Einheitlichkeit der Erfindung; sie enthält mehrere Erfindungen oder Gruppen von Erfindungen, nämlich:

Siehe Blatt -B-

- ☐ Alle weiteren Recherchegebühren wurden innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.
- ☒ Nur ein Teil der weiteren Recherchegebühren wurde innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf Erfindungen beziehen, für die Recherchegebühren entrichtet worden sind.

nämlich Patentansprüche: Siehe Ergänzungsblatt -D-

- ☐ Keine der weiteren Recherchegebühren wurde innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf die zuerst in den Patentansprüchen erwähnte Erfindung beziehen.

nämlich Patentansprüche:



MANGELNDE EINHEITLICHKEIT DER ERFINDUNG

Nach Auffassung der Recherchenabteilung entspricht die vorliegende europäische Patentanmeldung nicht den Anforderungen an die Einheitlichkeit der Erfindung; sie enthält mehrere Erfindungen oder Gruppen von Erfindungen, nämlich:

Recherchierter Gegenstand:

1. Ansprüche 1-3 und Ansprüche 4-14, insoweit sie abhängig von Anspruch 3 sind:
Pulsartige Laserauftragschweißen von Metallstrukturen mit einem Spiegel für die Pulserzeugung

Nicht recherchierte Gegenstände:

1. Ansprüche 4-14, insoweit Anspruch 4 unmittelbar abhängig von Anspruch 1 oder 2 ist, und Ansprüche 5-14 abhängig von Anspruch 4 sind:
Pulsartige Laserauftragschweißen von Metallstrukturen mit CO₂-Gaslasere und Schutzgas
2. Ansprüche 6-14, insoweit Anspruch 6 unmittelbar abhängig von Anspruch 1 oder 2 ist, und Ansprüche 7-14 abhängig von Anspruch 6 sind:
Pulsartige Laserauftragschweißen von Metallstrukturen mit besondere Verhältnis von Pulsdauer zu Dauer zwischen aufeinander folgenden Pulsen
3. Ansprüche 7-14, insoweit Anspruch 7 unmittelbar abhängig von Anspruch 1 oder 2 ist, und Ansprüche 8-14 abhängig von Anspruch 7 sind:
Pulsartige Laserauftragschweißen von Metallstrukturen mit besonderer pro Puls aufgetragener Materialmenge
4. Ansprüche 8-14, insoweit Anspruch 8 unmittelbar abhängig von Anspruch 1 oder 2 ist, und Ansprüche 9-14 abhängig von Anspruch 9 sind:
Pulsartige Laserauftragschweißen von Metallstrukturen mit aufgetragener Materialmenge entsprechend der Energieeinstrahlung
5. Ansprüche 9-14, insoweit Anspruch 9 unmittelbar abhängig von Anspruch 1 oder 2 ist, und Ansprüche 10-14 abhängig von 9 sind:
Pulsartige Laserauftragschweißen von Metallstrukturen teilweise mittels nicht gepulster Energieeinstrahlung
6. Ansprüche 13 und 14, insoweit Anspruch 13 unmittelbar abhängig von Anspruch 1 oder 2 ist, und Anspruch 14 abhängig von Anspruch 13 ist:
Pulsartige Laserauftragschweißen von Metallstrukturen, wobei die Strukturen mit einer besondere Wandstärke



Europäisches
Patentamt

EP 92 81 0156 -B-

MANGELNDE EINHEITLICHKEIT DER ERFINDUNG

Nach Auffassung der Recherchenabteilung entspricht die vorliegende europäische Patentanmeldung nicht den Anforderungen an die Einheitlichkeit der Erfindung; sie enthält mehrere Erfindungen oder Gruppen von Erfindungen, nämlich:

- wand- und/oder säulenförmige Elementen sind
- 7. Anspruch 14, insoweit sie unmittelbar abhängig von Anspruch 1 oder 2 ist:
Pulsartige Laserauftragschweißen von Metallstrukturen

Nur ein Teil der weiteren Recherchegebühren wurde innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf Erfindungen beziehen, für die Recherchegebühren entrichtet worden sind,

nämlich Patentansprüche :

1-3 und 4-14, insoweit sie abhängig von Anspruch 3 sind;

Ansprüche 4-14, insoweit Anspruch 4 unmittelbar abhängig von Anspruch 1 oder 2 ist, und Ansprüche 5-14 abhängig von Anspruch 4 sind